

Rafael Galbieri
IMAAmt

Mário
Massayuki
Inomoto
Esalq-USP

Rosangela
Aparecida da
Silva
Fundação MT

Guilherme
Lafourcade
Asmus
Embrapa
Agropecuária
Oeste

CAPÍTULO 5.8

Manejo de nematoides na cultura do algodoeiro em Mato Grosso

Capítulo publicado originalmente na edição de 2012/13 e atualizado pelos mesmos autores nas edições subsequentes de 2014/15, 2019/20 e 2025.

Nematoides constituem um dos maiores desafios enfrentados pelos produtores de algodão no cerrado brasileiro. Este capítulo tem como objetivo apresentar, de forma prática, informações relacionadas às espécies mais importantes, sintomatologia, identificação, quantificação, disseminação e medidas de controle. Esta é uma versão atualizada de um material escrito há cinco anos. Nesse curto período, é evidente a evolução de algumas espécies presentes nas áreas de produção, bem como o desenvolvimento e a utilização de novas ferramentas de controle, que serão abordadas no capítulo.

Não se sabe ao certo quanto da produtividade está sendo perdida em função dos nematoides em Mato Grosso. O fato é que existem localidades onde há perdas expressivas e outras onde o problema é menor. Há relatos de perdas de 50 a 60% em casos extremos, com média de até 10 a 12% em determinadas regiões. Estima-se uma perda anual superior a 4 bilhões de reais na cultura do algodoeiro em função de problemas relacionados a nematoides. Existem vários exemplos de áreas de produção que se tornaram inviáveis pela infestação desses parasitas, como ocorreu no passado nos estados de São Paulo e Paraná. Nas condições do Cerrado, criaram-se situações ideais para seu aumento populacional, dentre elas: reduzida diversificação de culturas, sequência de culturas hospedeiras no mesmo ano agrícola (segunda safra), mecanização intensa e utilização de genótipos suscetíveis.

Esse quadro vem se formando na

contramão do processo de tecnificação da produção, uma vez que a cultura vem sendo trabalhada com uso intensivo de tecnologias, dentre elas máquinas cada vez mais modernas e eficientes, além da incorporação de eventos transgênicos, que proporcionam mais praticidade e segurança ao produtor. Esse modelo de produção vem funcionando e fazendo do Brasil o maior exportador mundial de fibra de algodão. É um modelo de sucesso, porém exige alto investimento e tecnificação na lavoura, resultando em maiores custos e total dependência de um elevado retorno em produtividade. Nesse contexto, perdas ocasionadas por nematoides são extremamente prejudiciais.

1. Principais nematoides da cultura do algodoeiro

Os principais nematoides que causam danos ao algodoeiro no Brasil são o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*), o nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e o nematoide-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). Dentre eles, o primeiro é o mais destrutivo, com alta agressividade para a cultura, merecendo grande atenção quando presente na área. O segundo é o mais persistente, com mecanismos eficientes de sobrevivência no campo, e o terceiro é o mais frequente no Estado de Mato Grosso, distribuído por todas as regiões de cultivo e cujas opções de manejo são difíceis. Além das espécies tradicionais, outras duas vêm ocorrendo em determinadas regiões do

Estado: *Aphelenchoides besseyi* e o *Meloidogyne enterolobii*. Para essas novas espécies, vêm sendo realizados estudos para entender melhor suas dinâmicas no sistema de produção envolvendo a cultura do algodoeiro.

O último levantamento sistemático para determinar a ocorrência de fitonematoídes na cultura do algodoeiro em Mato Grosso foi realizado no período de 2011 a 2015. Em 1.799 talhões amostrados (solo e raiz), verificou-se, na média, que 96,2% apresentaram *P. brachyurus*, 24,4% *M. incognita* e 12,8% *R. reniformis*. A distribuição dessas duas últimas espécies era consideravelmente variável em função da região, como, por exemplo, o caso de maior ocorrência de *R. reniformis* na região Sul ou menor incidência de *M. incognita* e *R. reniformis* na região Noroeste do estado. No entanto, mesmo não dispondo de informações atualizadas em trabalhos sistemáticos, é evidente que a dispersão dessas duas espécies ocorre em todas as regiões produtoras do estado.

Os sintomas provocados pelo nematoide-das-

-galhas ocorrem em “reboleiras” e caracterizam-se pela formação de galhas no sistema radicular (Figura 1), diminuição da área foliar, deficiências minerais e murchamento temporário da planta durante o período mais quente do dia. Nas folhas, é possível observar mudanças de coloração, variando do amarelo ao vermelho intenso; em quadros mais graves, os sintomas podem evoluir para um crestartamento generalizado com desfolha muito intensa. Sintoma bastante típico é o mosqueamento amarelo, distribuído pelo limbo foliar, em contraste com o verde normal levemente claro; essas áreas amareladas passam posteriormente a uma tonalidade castanha e, por fim, necrosam-se. Esse sintoma é conhecido pelos cotonicultores como “carijó” do algodoeiro (Figura 2). O ideal é diagnosticar a doença no início do aparecimento dos sintomas, quando o nematoide ainda não está causando danos expressivos, o que normalmente não é tarefa tão fácil, pois os sintomas são menos intensos; por exemplo, as galhas são menores e formam-se em radicelas muito jovens.



Figura 1. Sintomas diretos de “galhas” no algodoeiro causados por *Meloidogyne incognita* (Fonte: Rafael Galbieri)



Figura 2. Sintomas reflexos de “carijó” provocados por *M. incognita*, em Primavera do Leste, MT.
Sintomas mais avançados na foto da direita (Fonte: Rafael Galbieri)

Cada galha pode conter de uma a várias fêmeas do nematoide; cada uma delas depositará aproximadamente 400 ovos na parte externa da raiz. Para a visualização das fêmeas são necessárias condições de laboratório com luvas (Figura 3).

É importante relatar a forte interação entre *M. incognita* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, causador da murcha de *Fusarium*, denominado complexo FUSnem. Nessa interação, o nematoide impede a formação de tiloses (estruturas/mecanismos de defesa

que a planta produz no xilema para impedir a colonização pelo fungo), além de predispor a planta ao ataque do fungo. Esse é um grande problema, principalmente em solos com textura arenosa. A ocorrência da murcha de *Fusarium* no Mato Grosso ainda está regionalizada, mas concentrada nas regiões Centro-Leste e Centro. Nos últimos anos, diferentes fazendas de outras regiões diagnosticaram a presença da murcha de *Fusarium*, porém ainda de forma pontual e com severidade baixa.



Figura 3. Ampliação de raiz do algodoeiro com sintomas de galhas provocados por *M. incognita*. Destaque para a fêmea no interior da galha (a parte posterior da fêmea é visível como a estrutura de coloração branco-leitosa) e para a massa de ovos (Fonte: Rafael Galbieri)

Com relação ao nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), os sintomas caracterizam-se por ocorrerem em reboleiras (Figura 4) maiores e não tão definidas como em *M. incognita*, com diminuição do porte das plantas. As folhas “carijó” ocorrem apenas em algumas cultivares muito suscetíveis ou em condições de altas populações do nematoide (Figura 5). Não ocorrem alterações visuais muito expressivas nas raízes, que apresentam redução no volume e, quando arrancadas, mantêm o aspecto de sujas, mesmo depois de lavadas em água corrente, por conta da aderência de partículas de argila às massas de ovos do nematoide, que são de tamanho diminuto (Figura 6). Esse nematoide tem uma grande capacidade de sobrevivência no solo na ausência de plantas hospedeiras; em condições de baixa umidade, ele entra em estado de anidrobiose, suportando a dessecação. Além disso, apresenta alta capacidade de competição com *Meloidogyne incognita*, prevalecendo em locais onde ocorrem as duas espécies. Por essas características, o nematoide-reniforme é um grande problema no Estado de Mato Grosso, a exemplo de áreas tradicionais de cultivo como em Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo.

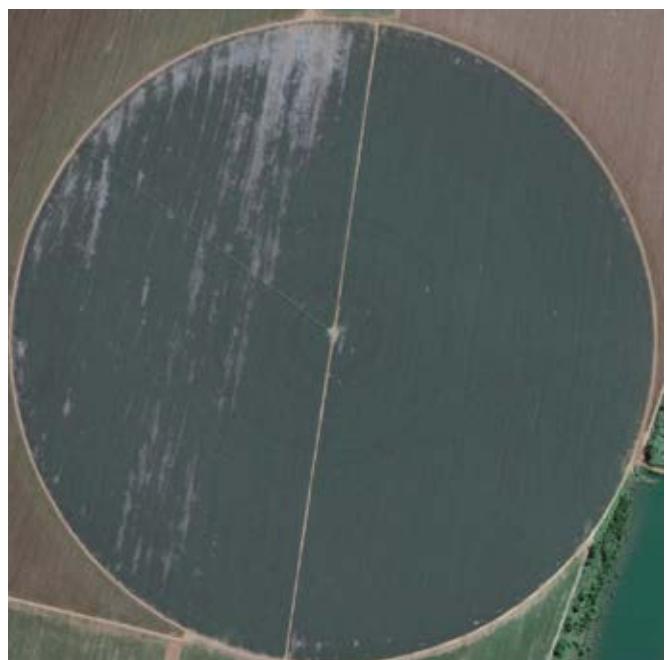


Figura 4. Reboleira em lavoura de algodoeiro causada por *Rotylenchulus reniformis* (Fonte: Guilherme L. Asmus)



Figura 5. Sintomas reflexos de “carijó” provocados por *R. reniformis*, em Pedra Preta, MT, em área com alta infestação do nematoide (Fonte: Rosangela Silva e Rafael Galbieri)

Os sintomas provocados por *Pratylenchus brachyurus* ocorrem somente sob alta infestação e são caracterizados pelo escurecimento de longos trechos das raízes e pela diminuição do porte das plantas. Os sintomas causados por esse nematoide são mais difíceis de serem observados quando comparados aos dos nematoides anteriores, diferentemente do que ocorre com a soja, cultura na qual os danos são maiores do que na do algodoeiro. Como não apresenta sintomas tão característicos e evidentes como os outros nematoides, a quantificação em laboratório se faz necessária para diagnóstico correto. Por esses fatores, os danos e sintomas provocados por esse nematoide em algodoeiro podem ser subestimados e, muitas vezes, confundidos com aqueles provocados por questões físicas e químicas do solo.

A partir de 2017, a espécie de nematoide *Aphelenchoïdes besseyi* foi relatada parasitando o algodoeiro no cerrado brasileiro. Sua incidência é maior no Noroeste e Norte de Mato Grosso, bem como no estado de Rondônia. Esse nematoide pode aparecer também em outras regiões, uma vez que a cultura da soja também é hospedeira. Há sazonalidade na ocorrência e nos danos causados pelo nematoide no algodoeiro, sempre associada a condições meteorológicas, como elevada umidade e temperatura.

Os sintomas causados por *A. besseyi* no algodoeiro ocorrem preferencialmente na parte aérea das plantas, sendo caracterizados por: engrossamento de nós, bolhas no limbo foliar, diminuição de porte, perda de botões florais e não finalização do ciclo da cultura, com dificuldade na desfolha (Figura 7). Esse complexo de sintomas pode ser confundido com outras causas, sendo recomendada a análise nematológica da parte aérea das plantas com sintomas para confirmação do diagnóstico.



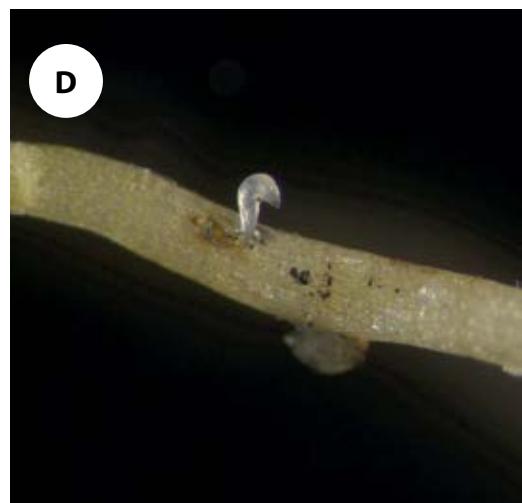
A



B



C



D

Figura 6. Massas de ovos de *R. reniformis* após lavagem e coradas com Trypan Blue (A e B) e fêmeas em raízes de algodoeiro sob lupa (C e D) (Fonte: Rosangela Silva e Rafael Galbieri)



Figura 7. Sintomas de *Aphelenchoides besseyi* em algodoeiro: perda de estruturas reprodutivas, engrossamento dos nós, rugosidade das folhas no ponteiro das plantas e não fechamento do ciclo da cultura (Fonte: Rafael Galbieri)

2. Distribuição e flutuação populacional de nematoides

Os nematoides apresentam distribuição espacial (vertical e horizontal) influenciada principalmente pela umidade e pela presença de raízes. Para culturas anuais, as maiores populações concentram-se até 25 cm de profundidade, com algumas exceções, como no caso de *R. reniformis*, que, em determinadas situações, apresenta maiores populações entre

20 e 40 cm de profundidade. Já a distribuição horizontal é irregular ou desuniforme (distribuição agregada), o que necessariamente deve ser considerado e compreendido pelos técnicos de campo no momento da amostragem para quantificação.

A análise de poucas subamostras em grandes áreas pode gerar valores que não representam a realidade da área amostrada. As densidades populacionais normalmente são maiores na época

de desenvolvimento pleno da cultura, em condições ideais de umidade, o que compreende os meses de abril e maio. Após a colheita, durante a entressafra, a população de nematoides diminui drasticamente até a ocasião

do plantio na safra seguinte. Essa flutuação populacional durante a safra é influenciada por inúmeros fatores que estão constantemente sendo modificados, tornando difícil prever exatamente essa dinâmica.

Vários fatores físicos, químicos e biológicos afetam diretamente a dinâmica populacional dos nematoides no campo, dentre eles:

Planta hospedeira: a resistência dos genótipos tem grande influência na multiplicação do nematoide no campo.

Fatores climáticos: - *Temperatura*: exerce influência direta na atividade do nematoide e na duração de seu ciclo de vida, além de afetar na expressão da resistência da planta hospedeira; extremos de temperatura (muito altas ou muito baixas) limitam a multiplicação dos nematoides
- *Umidade*: importante na mobilidade e na atividade dos nematoides, porém, em excesso, afeta sua sobrevivência; ocorrência de estresses hídricos (veranicos) em áreas infestadas pode acentuar os danos causados por nematoides.

Textura e fatores edáficos do solo: *M. incognita* tem preferência por solos mais arenosos e *R. reniformis* é mais frequente em solos argilosos.

Química do solo: Observa-se solos com maior teor de Potássio com maior população de *R. reniformis*. pH também influencia população do nematoide. Mais alcalino, mais sintomas causados por *M. incognita* e, mais ácido, mais sintomas de *P. brachyurus*.

Fatores biológicos: relacionam-se principalmente à competição entre espécies, na qual a presença de uma pode interferir na população de outra, o que acontece entre *M. incognita* e *R. reniformis*, sobressaindo-se a segunda espécie. A microbiológica do solo tem efeito direto na população dos nematoides fitoparasitas. Também a presença da resistência genética na cultura, no caso de *M. incognita* e *R. reniformis* irá ter um efeito direto na dinâmica populacional do nematoide alvo de controle.

Práticas agrícolas: rotação de culturas, uso de nematicidas, data de plantio, controle de plantas daninhas, preparo de solo.

3. Quantificação de nematoides no campo

3.1. Coleta de amostras

Para um sistema eficiente de manejo de nematoides, é fundamental saber qual ou quais espécies de fitonematóides estão presentes, e qual é a sua densidade populacional, necessitando-se de auxílio de laboratório de nematologia. O ideal seria proceder a essa análise na safra anterior, quando a cultura está em seu pleno desenvolvimento (volume de

raízes), para tomar as medidas de manejo necessárias na safra posterior. Há diferentes laboratórios de nematologia que fornecem orientações para coleta de amostras; é importante que o interessado entre em contato previamente com os responsáveis desses laboratórios para que possam tomar ciência da recomendação dos procedimentos de coleta. De qualquer forma, a seguir será sugerido um esquema de coleta de solo e raízes para análises nematológicas (Figura 8).

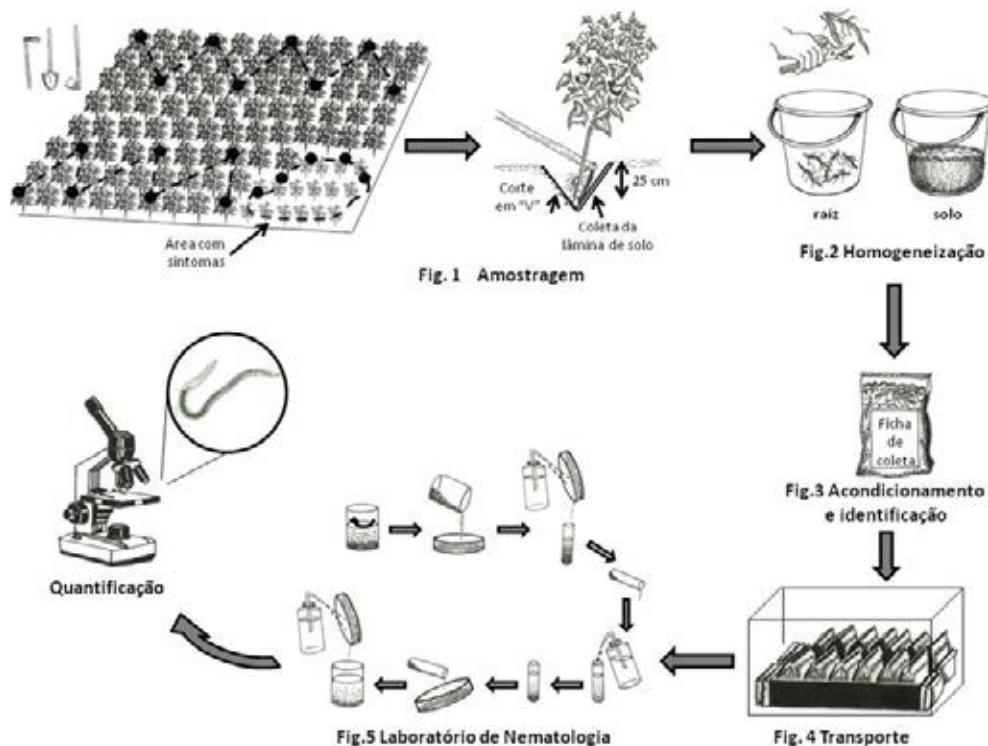


Figura 8. Esquema de amostragem, homogeneização, acondicionamento, identificação e transporte de amostras de solo e raiz na cultura do algodoeiro para quantificação de fitonematoídes (Fonte: Ilustração Patricia Milano)

Data de coleta. Preferencialmente em pleno desenvolvimento da cultura, entre 60 e 120 dias após o plantio. É importante lembrar que a população de nematoides apresenta grande flutuação durante o ano, relacionada à quantidade e à idade das plantas e raízes presentes na área, bem como à umidade do solo. O pico populacional é atingido normalmente após os 60 dias.

Equipamentos necessários. Enxada, enxadão e/ou trado; sacolas plásticas com 1 a 2 litros de volume (normalmente fornecidas pelos laboratórios de nematologia), balde de 15 a 20 litros; tesoura de poda; caixa térmica ou isopor.

Forma de amostragem. Coletar as amostras de solo com umidade natural, evitando períodos extremamente secos ou úmidos. Realizar o caminhamento em zigue-zague no talhão, amostrando na linha de plantio, na região da rizosfera das plantas. Os nematoides permanecem preferencialmente onde há maior quantidade de raízes; assim, recomenda-se a coleta na profundidade de 0 a 25 cm. No caso de *R. reniformis*, observam-se populações mais elevadas em profundidades maiores, entre 20 e 40 cm, em determinados períodos do ano, o que justifica a realização deste procedimento em áreas com suspeita da presença do nematoide. Deve-se coletar 20 subamo-

tras a cada, no máximo, 10 hectares. A distribuição de nematoides no campo ocorre de forma desuniforme, com formação de agregados (reboleiras), o que deve ser levado em consideração na amostragem. Por isso, o caminhamento na área deve ser realizado em zigue-zague, evitando-se fazer a amostragem no centro das reboleiras, pois, nesse local, as plantas e raízes provavelmente já estão muito danificadas, podendo a população de fitonematoídes estar em baixa densidade. Nessas condições, amostrar as plantas e raízes nas bordas de áreas com plantas sadias (Figura 8).

Material coletado. Formar uma amostra composta de, no mínimo, 500 cm³ de solo e 20 g de raiz por área amostrada. Lembrar que as maiores quantidades de nematoides estão nas raízes laterais e radicelas, e não na raiz pivotante. O material coletado, solo ou raiz, deve ser devidamente homogeneizado no balde.

Acondicionamento e identificação da amostra. As amostras devem ser acondicionadas em saco plástico, depositando-se o solo e, posteriormente, as raízes no centro, pois isso auxilia na preservação do sistema radicular para análise. As amostras deverão ser acompanhadas de uma ficha de identificação, que deverá conter, no mínimo, os seguintes

itens: propriedade, data de coleta, produtor interessado e seu contato, identificação do talhão, cultura, profundidade de amostragem, identificação da fase da

cultura (dias após o plantio), relato e descrição da presença de sintomas. A seguir, exemplo de ficha de acompanhamento de coleta.

FICHA DE COLETA N°:	
1. Propriedade (fazenda):
2. Responsável interessado:
3. Telefone para contato:
4. Data de coleta das amostras: / /
5. N° do talhão (identificação):
6. Cultura anterior:
7. Cultura atual:
8. Espaçamento entre linha utilizado:	() 0,90 m () 0,76 m () 0,45 m
9. Tipo de solo:	() Arenoso () Areo-Argiloso () Argiloso
10. Sintomas-reflexo provocados por nematoides:	<input type="checkbox"/> Sem sintomas visíveis <input type="checkbox"/> Sintomas em reboleiras <input type="checkbox"/> Presença de galhas no sistema radicular <input type="checkbox"/> Presença de folhas com sintomas de "carijó" <input type="checkbox"/> Variação no porte de crescimento das plantas <input type="checkbox"/> Presença de regiões com escurecimento no sistema radicular <input type="checkbox"/> Presença de vasos escurecidos pela murcha de fusário
11. Data de semeadura do talhão: / /
12. Cultivar utilizada:

Na ocasião da coleta, observar a ocorrência de sintomas de murcha de *Fusarium* (Figura 9). Recomenda-se indicar esse fato na ficha de coleta, pois essa informação da ocorrência de interação nematoide x fungo é de extrema relevância no manejo da área.



Figura 9. Amostragem em áreas infestadas por *M. incognita* x *Fusarium* em Primavera do Leste, MT
(Fonte: Rafael Galbieri)

Transporte da amostra. Nematoides não sobrevivem em solos ou raízes secas e não toleram altas temperaturas. Assim, o transporte do campo ao laboratório deve ser feito o mais breve possível, de preferência dentro de caixas térmicas para evitar temperaturas elevadas. Quando as amostras não puderem ser transportadas ao laboratório imediatamente, é preciso armazená-las em locais frescos, podendo ser em geladeira (6-8 °C), mas nunca em freezer. Deve-se evitar armazenar as amostras em locais com temperaturas altas.

Todo o esquema apresentado acima restrin-
gi-
se aos nematoides presentes no solo e nas raízes. Com o objetivo de quantificação de *Aphelenchoi-
des besseyi*, a coleta do material deve ser realiza-
da na parte aérea das plantas. Quando as plantas estiverem pequenas, deve-se coletar toda a parte aérea, cortando-as 10 cm acima do nível do solo. Caso a coleta seja realizada em fases mais avançadas da cultura, com as plantas maiores, deve-se concentrar a coleta na região do ponteiro (maior popula-
ção do nematoide), nos 6 primeiros nós de cima para baixo nas plantas. O material pode ser acondicionado em sacos plásticos para ser enca-
minhado diretamente para o laboratório. A sensi-
bilidade e a degradação desse material são ainda maiores comparativamente com raízes e solo.

3.2. Análise nematológica

Processamento de amostra. Os laboratórios processarão essas amostras de acordo com me-
todologias específicas, que consistem em extrair/ isolar os nematoides do solo e/ou de tecidos das plantas. Essa separação é possível basicamente pela diferença de densidade dos nematoides em relação aos outros componentes da amostra, associada à retenção deles em peneiras específicas. Para isso, são utilizados de 100 a 200 cm³ de solo e de 5 a 10 g.

Quantificação dos nematoides. Após extrair e separar os nematoides, a identificação e a quan-
tificação são realizadas com auxílio de microscó-
pio em laboratório.

Laudo/resultado de análise. O laudo normalmente refere-se à quantificação de nematoides encontrados no solo (100 cm³) e na raiz (5 g). É impor-
tante verificar o valor da unidade, pois, dependendo do laboratório, podem ocorrer variações (200 cm³ de solo ou 10 g de raízes, por exemplo). Os laudos contemplarão a quantificação dos nematoides de

importância para a cultura do algodoeiro, como já relatado: *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis*. Para *Meloidogyne*, o laudo simples de quantificação normalmente indicará apenas o gê-
nero "*Meloidogyne sp.*". Caso o produtor ou técnico queira saber a espécie presente, é possível uma análise mais elaborada no laboratório, envolvendo técnicas tradicionais como a observação do padrão perineal de fêmeas, complementadas por análise de enzimas (esterases) ou por técnicas moleculares no nível de DNA, com custo mais elevado.

Para o *Aphelenchoides besseyi*, o laudo é espe-
cífico, uma vez que a coleta para quantificação do nematoide é restrita à parte aérea das plantas com sintomas. Neste caso particular, a unidade de quantificação no laudo será o número de nemato-
toides por grama de tecido vegetal.

Interpretação dos resultados. O resultado da quantificação da população de nematoides em determinada área é muito variável, dependen-
do da época e da forma de amostragem. Assim, para comparação de resultados, os procedimen-
tos de amostragem (época, local, profundidade) devem ser os mesmos. É importante lembrar que a presença de altas densidades populacionais de nematoides no resultado de análise não estará necessariamente correlacionada à ocorrência de perdas. Outros fatores, como fertilidade, umidade e densidade do solo (presença ou não de camada compactada), teor de matéria orgânica, resistên-
cia/tolerância de cultivares, entre outros, podem afetar a intensidade dos danos causados por determinada população de nematoides. De forma geral, as densidades populacionais de nematoides por 100 cm³ de solo, observadas antes do plantio, que provavelmente causarão perdas na produção de algodoeiro são as seguintes: para *M. incognita* e *M. enterolobii*, aproximadamente entre 10 e 25; para *R. reniformis*, entre 200 e 300 e para *P. bra-
chyurus*, que apresenta densidades mais elevadas em comparação com as demais espécies, não há um valor definido. Para relacionar populações a danos e perdas em uma propriedade específica, é interessante que o técnico forme um banco de dados indicando o histórico dessas análises e a produtividade do talhão objeto do manejo.

4. Manejo de nematoides

Dentro de um programa de manejo de nemato-
toides, o primeiro passo é reconhecer essa praga

como uma prioridade, pois, muitas vezes, o aspecto comercial se sobrepõe à necessidade de aplicar determinadas medidas fundamentais para o controle momento adequado. É essencial compreender que o manejo eficaz não se baseia em uma única prática, mas sim em um conjunto de ações que, ao longo do tempo, permitam a produção satisfatória do algodoeiro em uma área ou regiões infestadas por fitonematoídes.

Durante a safra atual, existem poucas medidas efetivas a serem implementadas. Portanto, os procedimentos devem ser cuidadosamente planejados e executados sempre com antecedência. Por isso, é importante acompanhar o histórico da área em relação ao manejo de nematoides, produtividade e fertilidade, para que as decisões sejam fundamentadas na realidade local. Quando a cultura já está estabelecida, as opções de controle são limitadas e,

na maioria dos casos, apenas paliativas para evitar perdas. Exemplos desses paliativos são o manejo complementar da fertilidade e a intensificação na irrigação em áreas irrigadas. Assim, evitam-se situações de estresse, pois plantas debilitadas e mal nutridas são mais suscetíveis ao ataque dos nematoides. De fato, em anos de condições climáticas ideais, como chuva adequada e boa adubação, as perdas por nematoides tendem a ser menores.

A medida mais eficiente para o manejo de nematoides é **evitar a introdução** de nematoides-chave para a cultura em áreas, regiões, fazendas ou talhões que ainda estejam isentos. Como os nematoides possuem capacidade limitada de dispersão natural, eles dependem de outros meios de disseminação. Teoricamente, qualquer agente que movimente o solo também tem condição de dispersar



Figura 10. Solo aderido aos discos de corte e carrinhos da plantadeira (Fonte: Rosângela Silva)

os nematoides, como água da chuva, vento, insetos e, principalmente, o homem. Este último pode carregar os nematoides no próprio corpo ou em implementos agrícolas, onde o solo fica aderido, conforme ilustrado na Figura 10. Esse material pode ser transportado para locais dentro do mesmo talhão, para outras fazendas ou até outros municípios.

Para minimizar ou evitar essa disseminação, é fundamental que pelo menos os tratos culturais mecanizados sejam planejados de forma que as áreas ou fazendas problemáticas sejam manejadas por último. Além disso, a limpeza e lavagem dos implementos após os tratos e antes do transporte para áreas isentas são práticas essenciais. Inegavelmente, o ritmo de trabalho imposto às equipes, muitas vezes, torna esse procedimento difícil. Porém é fundamental reconhecê-lo como indispensável, incorporando-o à rotina no manejo de nematoides. Vale

ressaltar que essa prática também ajuda a prevenir a disseminação de outras doenças, plantas daninhas e insetos.

Uma espécie extremamente agressiva, diagnosticada recentemente (2019) parasitando o algodoeiro no Brasil, é *Meloidogyne enterolobii* (Figura 11). Sua ocorrência iniciou-se no estado de Minas Gerais, seguida pela Bahia. No Mato Grosso, até o momento, há duas confirmações da presença dessa espécie, registradas em 2023 e 2024. A disseminação da espécie ainda é restrita à região Noroeste do Estado (Figura 12), sendo imprescindível respeitar todos os fundamentos anteriormente citados para evitar a introdução dessa espécie em regiões isentas. Anualmente, o Departamento de Fitopatologia/Nematologia do IMA monitora a expansão dessa espécie por meio do recebimento de amostras suspeitas e avaliações das áreas próximas aos talhões já identificados.



Figura 11. Sintomas causados por *Meloidogyne enterolobii* no algodoeiro (Fonte: Rafael Galbieri)

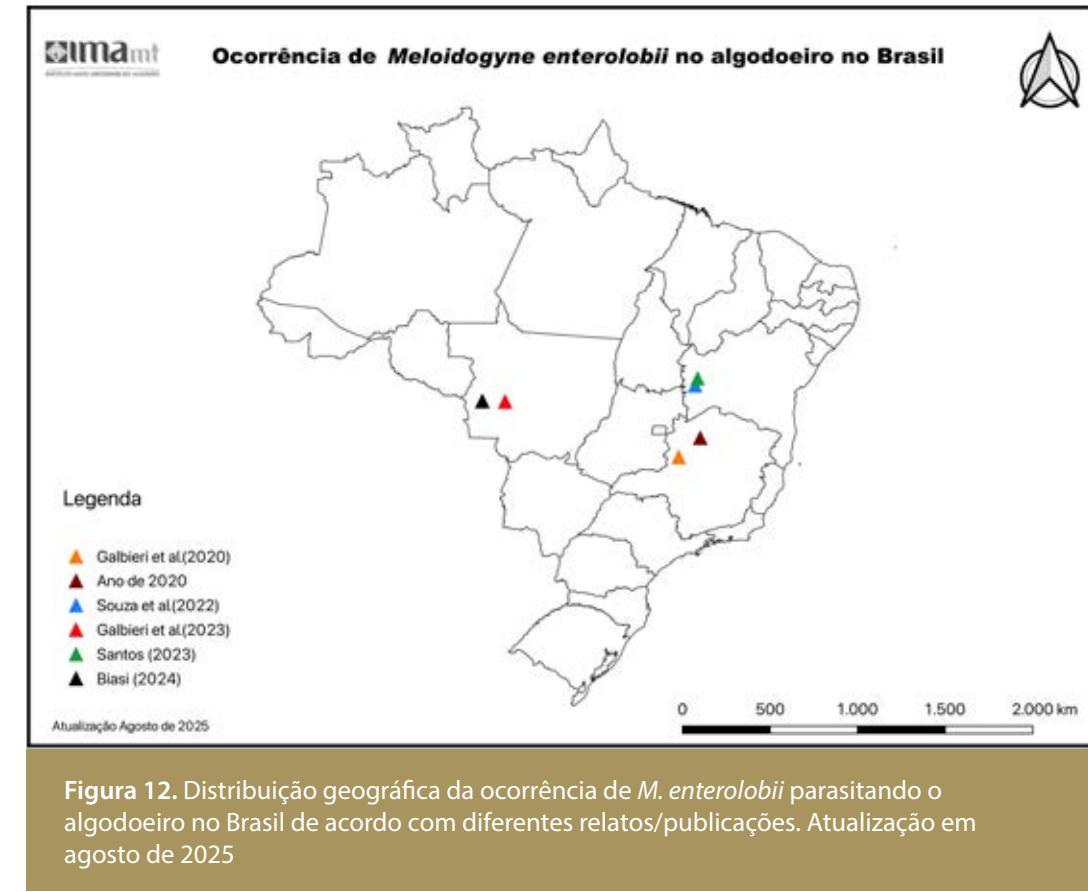


Figura 12. Distribuição geográfica da ocorrência de *M. enterolobii* parasitando o algodoeiro no Brasil de acordo com diferentes relatos/publicações. Atualização em agosto de 2025

Em áreas infestadas, os principais métodos de controle de nematoides são os culturais, os genéticos, os químicos e os biológicos. No método cultural, destaca-se a utilização de rotação de culturas com espécies não hospedeiras, considerada uma das principais técnicas de manejo devido à sua eficácia. O princípio consiste em implantar culturas não hospedeiras a determinado nematoide presente na área, restringindo sua alimentação e, consequentemente, dificultando sua sobrevivência. A combinação desse período de escassez alimentar com a ação dos microrganismos presentes no solo tende a diminuir a população de nematoides na área. É importante destacar que a técnica é completamente dependente do tempo em que o local permanece sem a cultura hospedeira. Apesar de ser uma técnica eficiente, a rotação ainda é pouco utilizada no controle de fitonematoídes na cultura do algodoeiro. No entanto, para o ne-

matoide *R. reniformis*, o uso da rotação é especialmente importante em áreas infestadas para manter a população abaixo do nível de dano econômico, principalmente por conta da sucessão soja/algodoeiro. Ambas as culturas são hospedeiras, e a maioria das cultivares de soja que antecede o algodoeiro multiplica o nematoide, resultando em alta população para a cultura subsequente. Programas de melhoramento de soja têm desenvolvido cultivares resistentes a *R. reniformis*, com ciclos mais precoces para utilização na sucessão de soja-algodoeiro (Figura 13) em áreas infestadas. Essa prática é importante para manter a população do nematoide em níveis mais baixos para a cultura do algodoeiro, favorecendo a cultura subsequente. O uso de cultivares de soja resistentes a *R. reniformis* antecedendo o algodoeiro comprovadamente diminui a população do nematoide no solo, promovendo reflexos positivos na produtividade.

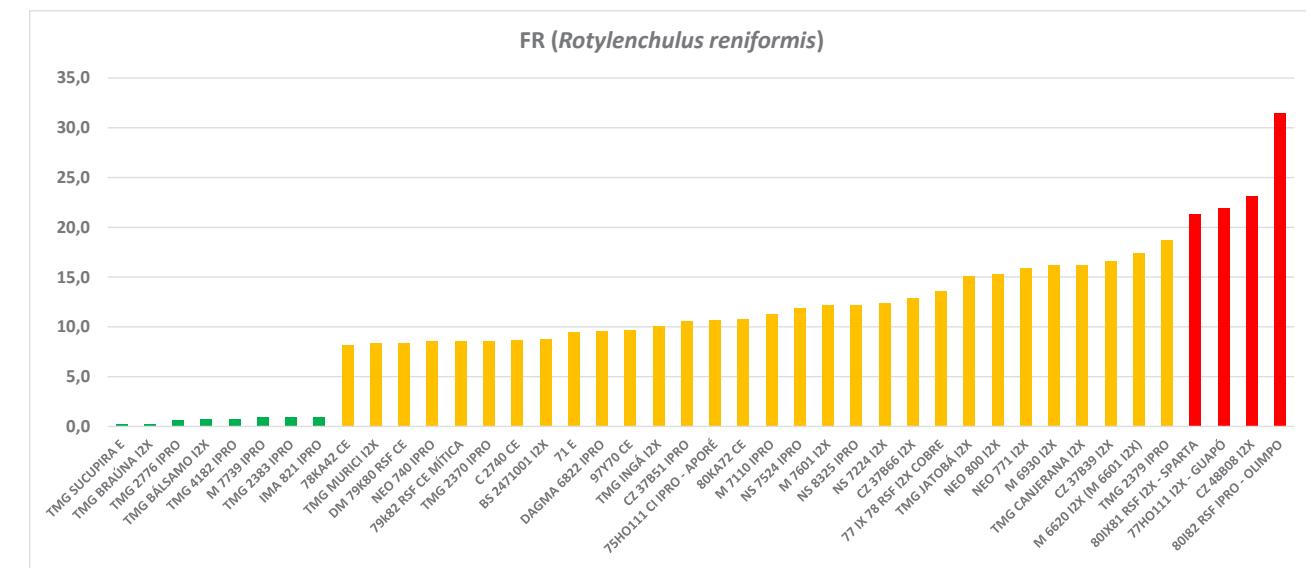


Figura 13. Reação (Fator de Reprodução-FR) de cultivares de soja a *Rotylenchulus reniformis*, Trabalho em parceria com Bom Futuro, 2025

Também têm sido utilizadas plantas não hospedeiras em sucessão com a cultura principal (econômica) na mesma safra agrícola, visando à redução da população de nematoídeos. Um exemplo é o uso de milho, milheto, braquiária e sorgo — plantas da família das poáceas — para o controle do nematoide-reniforme. Como já mencionado, os benefícios dessas práticas dependem do tempo em que as plantas não hospedeiras são utilizadas. Embora a rotação de cultura seja o ideal, os benefícios da sucessão não devem ser negligenciados.

De acordo com a Tabela 1, que apresenta a reação de diferentes culturas aos nematoídes-chave do algodoeiro, o nematoide mais fácil de ser manejado por meio de **rotação ou sucessão** é *R. reniformis*, pois há várias culturas não hospedeiras (indicadas em verde); e o nematoide de controle mais difícil é o *P. brachyurus*. As culturas mais indicadas para rotação ou sucessão nestes casos são as braquiárias, *Panicum maximum* e amendoim, desde que a densidade de *P. brachyurus* não seja elevada. Quando o nematoide a ser controlado for *P. brachyurus*, a principal opção é a *Crotalaria spectabilis*. Para o controle de *M. incognita*, a cultura da mamona é uma alternativa interessante que pode ser implementada, embora deva-se considerar sua alta suscetibilidade a *R. reniformis*.

Por ser um patossistema relativamente recente para o algodoeiro, ainda não há informações suficientes para completar a Tabela 1 sobre a reação de diferentes culturas ao nematoide *Aphelenchoides*. Sabe-se que as culturas como milho,

sorgo e crotalária não são hospedeiras desse nematoide, podendo ser indicadas em sistemas de rotação ou sucessão em áreas com infestadas. No entanto, devido à capacidade de se alimentar também de fungos “micófagos”, o conceito de implantação de culturas não hospedeiras e redução direta da população do nematoide pode não ser tão evidente para essa espécie, havendo necessidade de estudos adicionais para melhor compreensão desse aspecto.

A sucessão soja-algodão (segunda safra), consolidada no Mato Grosso, traz preocupações específicas, pois os quatro nematoídeos importantes para o algodoeiro apresentados também são problemas para a cultura da soja. No caso de *R. reniformis*, os danos são maiores na cultura do algodoeiro do que na soja. Quando se planta primeiramente a leguminosa, proporciona-se o aumento populacional do nematoide, com consequências provavelmente negativas para o algodoeiro subsequente. Há variações na reação de cultivares de soja a *R. reniformis*, o que pode ser explorado na escolha do material a ser cultivado no talhão. Outro ponto importante e subestimado é o impacto da utilização do milho safrinha após a soja em áreas infestadas por *M. incognita*. Embora o milho seja tolerante a essa espécie de nematoide, a maioria dos genótipos proporciona alta multiplicação do nematoide. Ou seja, o milho é suscetível a *M. incognita*, deixando para a cultura seguinte uma população elevada. Esse fator deve ser considerado no manejo integrado da área.

Tabela 1. Reação de culturas selecionadas aos principais nematoides do algodoeiro

Cultura	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
Soja	Amarela	Amarela	Verde
Feijão-comum	Vermelha	Vermelha	Vermelha
Milho	Vermelha	Verde	Vermelha
Sorgo	Amarela	Verde	Vermelha
Arroz	Vermelha	Verde	Vermelha
Cana-de-açúcar	Vermelha	Verde	Vermelha
Milheto	Vermelha	Verde	Azul
Braquiárias	Verde	Verde	Vermelha
Panicum maximum	Verde	Verde	Vermelha
Amendoim	Verde	Verde	Vermelha
Capim-sudão	Vermelha	Verde	Vermelha
Mamona	Verde	Vermelha	Vermelha
Girassol	Vermelha	Vermelha	Azul
Crotalaria spectabilis	Verde	Verde	Verde
Crotalaria juncea	Azul	Verde	Vermelha
Estilosantes	Verde	Verde	Verde
Feijoeiro-guardu	Amarela	Vermelha	Amarela
Mucuna-preta	Azul	Verde	Vermelha
Nabo-forrageiro	Vermelha	Verde	Azul

***Cor vermelha** indica que a cultura multiplica intensamente o nematoide (cultura boa hospedeira), portanto, não deve ser utilizada em rotação ou sucessão com algodoeiro em locais infestados. Assim, uma extensa lista de culturas deve ser evitada em locais infestados com o nematoide-das-galhas *Meloidogyne incognita*: feijão-comum, milho, arroz, milheto, cana-de-açúcar, mandioca, girassol e nabo-forrageiro.

***Cor azul** indica que a cultura multiplica pouco o nematoide (má hospedeira): a mucuna-preta aumenta lentamente a densidade de *M. incognita*.

***Cor verde** indica que a cultura não multiplica o nematoide (cultura não hospedeira); portanto, as braquiárias *Panicum maximum*, amendoim e *Crotalaria spectabilis* reduzirão a densidade de *M. incognita*.

***Cor amarela** é utilizada para representar as plantas que apresentam reação variável: a maioria das cultivares de soja e guardu é suscetível, mas há cultivares resistentes que não multiplicam *M. incognita* (Inomoto, 2011).

O mesmo princípio se aplica às plantas de cobertura, ou seja, a cultura deve ser não hospedeira ou, no mínimo, má hospedeira ao nematoide-alvo em determinada área. Dessa forma, não haverá a multiplicação do nematoide, resultando em redução populacional.

O controle genético é realizado pela utilização de genótipos de algo-

doeiro **resistentes ou tolerantes** aos nematoides. Inicialmente, é necessário esclarecer o conceito que envolve essa questão. *Resistência* é a capacidade da planta de impedir ou dificultar a reprodução dos nematoides, o que pode ser medido pelo fator de reprodução (FR). Por exemplo, se o FR de um genótipo for 3, significa que esse material multiplica

três vezes a população do nematoide em um determinado período, mediante uma infestação inicial conhecida. Quando esse valor for inferior a 1, significa que o genótipo é resistente, pois reduz a população do nematoide. A *tolerância* refere-se à capacidade da planta de suportar o ataque do nematoide com produtividade mantida.

Do ponto de vista do manejo de nematoides, a resistência genética, quando presente, é uma ferramenta muito importante, pois promove uma redução drástica da população do nematoide em comparação à utilização de apenas genótipos suscetíveis. Desde 2017, cultivares de algodoeiro com alta resistência a *M. incognita* estão disponíveis no Brasil. A redução populacional do nematoide com o uso dessa tecnologia é superior a 90% em comparação com cultivares suscetíveis (Figura 14). Essa resistência é conferida por dois genes (QTL), q-Mi11 e q-Mi14, garantindo eficiência e estabilidade nas

áreas de produção. Algumas cultivares possuem apenas um gene de resistência e apresentam resistência moderada, com redução populacional menor que as resistentes, mais ainda considerável, em torno de 70%. A resistência do algodoeiro a *M. incognita* é um método fundamental para o manejo do nematoide e tem sido cada vez mais utilizada a cada safra em áreas infestadas (Figura 15). Devido à alta eficiência dessa tecnologia, a cultura que antes era considerada uma das responsáveis pelo aumento populacional desse nematoide no cerrado e pela inviabilização da produção, agora passa a ser uma opção viável para o manejo de áreas infestadas. Ainda assim, o monitoramento dessa resistência é fundamental, sendo recomendada a rotação no tempo para diminuir a pressão de seleção, mesmo considerando que dois genes estão envolvidos e não há relatos até o momento de quebra dessa resistência.



Figura 14. Sintomas de galhas no algodoeiro causados por *Meloidogyne incognita*. À esquerda, raiz de planta resistente e, à direita, suscetível ao nematoide. Raízes extraídas 70 dias após a inoculação do nematoide em condições de casa de vegetação (Fonte: Rafael Galbieri)

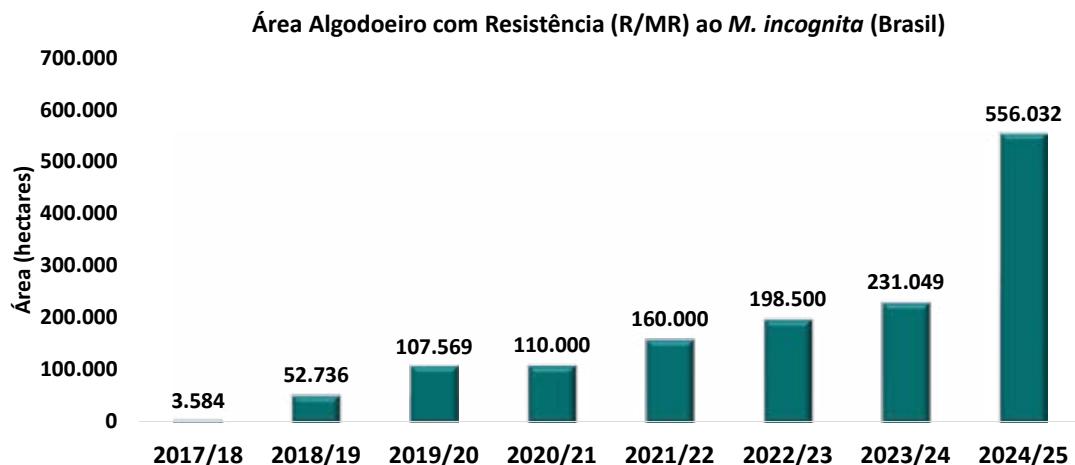


Figura 15. Evolução da área plantada com cultivares de algodoeiro apresentando níveis de resistência (R - resistente ou MR - moderadamente resistente) à *M. incognita* no Brasil (Fonte: Associações de Produtores de Algodão)

A partir da safra 2023-24, foram lançadas cultivares com resistência moderada (parcial) ao nematoide *R. reniformis*. Nesses materiais, a redução populacional do nematoide é cerca de 70% em comparação com cultivares suscetíveis. Essa ferramenta será muito importante no manejo integrado do nematoide em áreas infestadas. Dados de campo demonstram essa

redução populacional do nematoide e indicam alto incremento na produtividade dependendo do nível de infestação do nematoide (Figura 16). Entretanto, como a resistência é moderada, o uso dessas cultivares em conjunto com nematicidas químicos e/ou biológicos tem apresentado benefícios claros e passa a ser uma técnica recomendada.



Figura 16. Diferença na produtividade de cultivares de algodoeiro em área com alta infestação de *R. reniformis* (população de 5.000 espécimes em 100 cm³ de solo). À direita, cultivar com **Resistência Moderada**; à esquerda, cultivar suscetível ao nematoide (Fonte: Rafael Galbieri)

Para os fitonematoides *P. brachyurus*, *A. besseyi* e *M. enterolobii*, não há ainda cultivares com resistência genética, sendo todas suscetíveis a esses nematoídeos. Para essa última, é importante relatar que cultivares resistentes a *M. incognita* **não** apresentam resistência a *M. enterolobii*. Por isso, conhecer exatamente qual espécie está presente é fundamental para o manejo genético adequado.

Considerando uma mesma população de nematoídeos, uma cultivar tolerante produz mais que uma cultivar não tolerante (intolerante). Em comparação a uma cultivar não tolerante, a cultivar tolerante tem um limite maior de tolerância, ou seja, começa a apresentar prejuízos em níveis populacionais maiores do nematoíde; essa informação é muito requisitada pelos produtores, pois está diretamente relacionada à produtividade. O comportamento dos genótipos é específico para

cada nematoíde; um genótipo pode apresentar boa reação a mais de uma espécie, mas isso não é regra, sendo necessário dispor de informação separada para cada nematoíde-chave. Há grande variabilidade para tolerância nas cultivares disponíveis para o plantio, principalmente para *M. incognita* e *R. reniformis* (Figura 17). Ressalta-se que a tolerância não é uma técnica essencialmente de controle de nematoíde, pois não reduz sua população, mas é exclusivamente focada em manter a produtividade em áreas infestadas.

A reação da tolerância de diferentes cultivares de algodoeiro ao nematoíde-das-galhas e reniforme pode ser consultada na Tabela 5 do Capítulo 5.6 de controle de doenças. Essas informações também podem ser solicitadas junto aos obtentores nos programas de melhoramento de algodoeiro em atividade no Brasil.



Figura 17. Reação de cultivares de algodoeiro a *M. incognita*. À esquerda, material **intolerante** e, à direita, **tolerante** ao nematoíde. Área com 5,1 mil espécimes de *M. incognita* em 200 cm³ de solo (Fonte: Rafael Galbieri)

Outro método de manejo de nematoídeos é a utilização de **nematicidas químicos**. Atualmente, esses produtos são aplicados no tratamento de sementes, no sulco de plantio e em área total do algodoeiro. É importante destacar que essa técnica oferece proteção às raízes por um período aproximado de 30 a 60 dias após o plantio. Considerando que o ciclo do algodoeiro no estado de Mato Grosso pode chegar a 180 dias, há tempo suficiente para que a população do nematoíde

atinja, ao final do ciclo, níveis próximos aos observados em áreas não tratadas. O foco desse manejo, nesse caso, é o ganho em produtividade, que deve ser avaliado pela relação custo-benefício da utilização da técnica.

O tratamento de sementes como nematicidas como abamectina, tiodicarbe, fluopiram e cyclobutifluram tem sido utilizado no estado, bem como nematicidas aplicados no sulco de plantio, tais como terbufós e fluopiram. Empresas estão

desenvolvendo novos nematicidas químicos para a cultura do algodoeiro no Brasil, incluindo lançamentos futuros como fluazaindolizina e outros organofosforados. Isso reflete o crescimento dos problemas com nematoide, ampliando as opções dentro do manejo integrado de nematoides no Estado.

Destacam-se também produtos fitoquímicos à base de extrato de vegetais, como *Allium sativum* e *Azadirachta indica*, utilizados tanto no tratamento de semente quanto no sulco de plantio, além de alguns bioquímicos à base de determinados peptídeos.

O controle **biológico** tem ganhado destaque também no manejo de nematoides na cultura do algodoeiro. Nessa modalidade, existem produtos para tratamento de sementes, aplicação no sulco de plantio ou pulverização em área total. Entre os agentes de controle utilizados e testados estão diversas espécies do gênero *Bacillus*, como *B. velezensis*, *B. thuringiensis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. paralicheniformis*, *B. subtilis*, *B. methilotrophicus*, *B. firmus* e *B. latus*; a bactéria *Pasteuria penetrans* (contra *M. incognita*), *Pseudomonas oryzihabitans*, *Burkholderia rinojensis*; além de fungos como *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma* sp. Esses microrganismos, eficazes, estão sendo testados em diferentes formas para auxiliar no manejo dos nematoides no estado. É importante destacar que, por serem constituídos de organismos vivos, os nematicidas biológicos necessitam de cuidados especiais para garantir sua eficiência. Condições como altas temperaturas e baixa umidade do solo podem comprometer a

viabilidade desses agentes de controle biológico. Assim, espera-se uma maior eficácia desses produtos em áreas com boa cobertura vegetal no momento da semeadura da cultura do algodoeiro.

Um ponto a ser considerado na escolha do produto biológico é a espécie do nematoide e o modo de ação do microrganismo. Se o nematoide possui formas de sobrevivência na ausência da planta hospedeira, fungos que se desenvolvem e infestam as diferentes formas do nematoide e ovos no solo são bastante promissores. Porém, se a ideia é formar uma camada de proteção em volta das raízes e diminuir a penetração do nematoide, as bactérias cumprem bem esse papel. Outro fator a ser considerado é o tratamento com esses produtos biológicos nas plantas de cobertura utilizadas na rotação ou sucessão. Nesse caso, para a cultura resistente a todos os nematoides fitoparasitas da área, os fungos podem ser as melhores opções, pois irão parasitar as estruturas de sobrevivência do nematoide. No entanto, para diminuir a multiplicação em culturas com resistência limitada, as bactérias têm apresentado bons resultados.

Importante, dentro do manejo de nematoides, é a utilização de forma **integrada** dos métodos descritos acima (cultural, genético, químico e biológico). Como as ferramentas e técnicas são específicas para a espécie-chave na cultura do algodoeiro, é fundamental que os técnicos saibam exatamente qual o nematoide presente e sua quantificação, bem como todos os métodos de manejo disponíveis para enfrentar o problema nas áreas de produção.

Tabela 2. Descrições dos principais fitonematoídes do algodoeiro para o Cerrado brasileiro

Nome comum	Espécie	Sintomatologia	População de dano*	Recomendação de manejo
Nematoide-das-galhas	<i>Meloidogyne incognita</i>	Formação de galhas no sistema radicular; sintoma "carijó" nas folhas; presença em "reboleiras" no talhão; diminuição do porte das plantas.	"Baixa" >10-25 espécimes por 100 cm ³ de solo	Utilização de genótipos resistentes; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: <i>Brachiaria</i> , amendoim, mamona, <i>Crotalaria</i> ; estilosantes... **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-reniforme	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Presença de sintoma "carijó"; em alta infestação, presença em "reboleiras" no talhão; diminuição do porte das plantas; Presença de massas de ovos aderidas às raízes.	"Média" >200-300 espécimes por 100 cm ³ de solo	Utilização de genótipos moderadamente resistentes; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: milho, sorgo, milheto, arroz, braquiária, <i>C. spectabilis</i> ; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-das-lesões-radiculares	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	Diminuição do porte das plantas; em alta infestação, presença de escurcimento no sistema radicular.	"Alta" , porém não definida	Utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: <i>C. spectabilis</i> ; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-das-galhas	<i>Meloidogyne enterolobii</i>	Formação de galhas no sistema radicular (inclusive na pivotante); sintoma "carijó" nas folhas; presença em "reboleiras" no talhão; diminuição do porte das plantas.	"Baixa" >10-25 espécimes por 100 cm ³ de solo	Evitar introdução do nematoide em áreas isentas; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: <i>Crotalaria</i> ; Mamona, brachiaria; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-da-haste-verde	<i>Aphelenchoides besseyi</i>	Rugosidade nas folhas; engrossamento dos nós; abortamento de estruturas reprodutivas; não finalização do ciclo da cultura com dificuldade na desfolha	"Baixa" >1 espécime por g de tecido da parte aérea***	Evitar introdução no nematoide em áreas isentas; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: Milho, Sorgo, <i>Crotalaria</i> ; Revolvimento do solo; **utilização de produtos nematicidas (TS, sulco e pulverização) químicos/biológicos.

*População inicial de dano estipulada antes do plantio do algodoeiro.

** Produtos devidamente registrados em órgãos competentes para utilização em algodoeiro (MAPA).

*** População estimada pela experiência dos autores. No entanto, necessitando de mais estudos para melhor posicionamento.

Referências bibliográficas: para obtenção das referências bibliográficas deste capítulo, entrar em contato com os autores por meio do e-mail: rafaelgalbieri@imamt.org.br